

Rendimiento y calidad de semilla de pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) cv. Tanzania usando la fitohormona esteroidal cidef-4

Performance of the steroid al phytohormone cidef-4 on Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) cv. Tanzania seed yield and quality

Bertín Maurilio Joaquín Torres^a, Miguel Angel Moreno Carrillo^b, Santiago Joaquín Cancino^b, Alfonso Hernández Garay^b, Jorge Pérez Pérez^b, Armando Gómez Vázquez^c

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto de la fitohormona esteroidal cidef-4 en el rendimiento y calidad de semilla en *Panicum maximum* cv. Tanzania. El experimento se realizó durante el 2001 en Tepujilco, Estado de México. Los tratamientos evaluados fueron: T1= testigo; T2= 4 mg L⁻¹ de ingrediente activo (i.a.) aplicados al inicio de antesis; T3= 4 mg L⁻¹ de i.a. aplicados antes del espigamiento e inicio de antesis; T4= 8 mg L⁻¹ de i.a. aplicados al inicio de antesis; T5= 8 mg L⁻¹ de i.a. aplicados antes del espigamiento e inicio de antesis y T6= 12 mg L⁻¹ de i.a. aplicados únicamente al inicio de antesis. Se utilizó un diseño de bloques al azar, con tres repeticiones. Se evaluó el rendimiento de semilla total (RST), rendimiento de semilla pura (RSP), número de paniculas m⁻², longitud de panícula, semillas producidas y cosechadas por panícula, peso de 1,000 semillas y germinación. Se detectaron diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos para RST y RSP, donde los mayores valores (71.6 y 61.8 kg ha⁻¹, respectivamente) ocurrieron con el tratamiento T6. El número de paniculas, semillas producidas y cosechadas por panícula y peso de 1,000 semillas, presentaron diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos, donde T2, T3, T4, T5 y T6 presentaron valores superiores ($P < 0.05$) al testigo. El porcentaje de germinación fue similar ($P > 0.05$) entre tratamientos. Se concluye que la fitohormona esteroidal cidef-4 incrementó el rendimiento de semilla de *P. maximum* cv. tanzania, independientemente de la concentración y momento de aplicación. La calidad de la semilla, no fue afectada por ninguno de los tratamientos evaluados.

PALABRAS CLAVE: *Panicum maximum*, Pasto guinea, Producción de semilla, Fitohormona esteroidal, Cidef-4, Germinación.

ABSTRACT

The objective of the present study was assessing the effects of Steroidal Phytohormone cidef-4 on Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) cv. Tanzania seed yield and quality. This experiment was carried out during 2001 in Tepujilco, State of México. Six treatments were evaluated: T1) Control; T2) 4 mg L⁻¹ active ingredient (a.i.) applied at beginning of anthesis; T3) 4 mg L⁻¹ a.i. applied before heading and at beginning of anthesis; T4) 8 mg L⁻¹ a.i. applied at beginning of anthesis; T5= 8 mg L⁻¹ a.i. applied before heading and at beginning of anthesis; T6= 12 mg L⁻¹ a.i. applied only at beginning of anthesis. Treatments were distributed according to a completely randomized block design with three replicates. Total seed yield (TSY), pure seed yield (PSY), panicles per square meter, panicle length, seeds produced and harvested per panicle, 1000-seed weight, and seed germination percentage were evaluated. TSY and PSY showed differences between treatments ($P < 0.05$), the greater yields were registered for T6. Panicle number, seeds produced and harvested per panicle and 1000-seed weight, showed differences ($P < 0.05$) among treatments, T2, T3, T4, T5, and T6, all of them showing greater values ($P < 0.05$) than control. Seed germination percentage did not show differences ($P > 0.05$) among treatments. It can be concluded that steroidal phytohormone cidef-4 increased seed yield irrespective of concentration levels and plant stage at application. Seed quality was not affected by any treatment.

KEY WORDS: *Panicum maximum*, Guinea Grass, Seed yield, Steroidal Phytohormone, Cidef-4, Germination.

Recibido el 30 de octubre de 2008. Aceptado para su publicación el 25 de febrero de 2010.

a Departamento de Zootecnia, Universidad del Papaloapan, 68400 Loma Bonita, Oaxaca. Tel. 012818729230. bjoaquin@unpa.edu.mx. Correspondencia al primer autor.

b Programa de Ganadería, Colegio de Posgraduados.

c División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

INTRODUCCIÓN

El pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) cv. tanzania, es una planta perenne perteneciente a la familia de las gramíneas con adaptación a áreas tropicales, utilizada ampliamente por los ganaderos debido a su alto rendimiento de forraje de buena calidad y excelente aceptación por el ganado; además de su resistencia a la sequía y a suelos de mediana fertilidad⁽¹⁾. En México, la baja disponibilidad de semilla y deficiente calidad son los factores que han limitado la expansión y renovación de las áreas cultivadas con esta especie forrajera. Sin embargo, producir semilla de pasto guinea resulta difícil, ya que presenta un reducido número de inflorescencias, bajo peso de las espiguillas producidas por inflorescencia, mala sincronización de la floración y alto porcentaje de dehiscencia de las semillas maduras, lo que ocasiona bajos rendimientos y baja calidad de la semilla cosechada⁽²⁾. Estos problemas se pueden resolver, parcialmente, mediante mejoramiento genético y el uso de prácticas agronómicas; sin embargo, mejorar la producción de semilla por selección, puede reducir el rendimiento de forraje⁽³⁾. Por tanto, para la obtención de altos rendimientos de semilla y mejor calidad en esta especie, se deben buscar estrategias de manejo que permitan incrementar la fertilidad de las semillas y disminuir el periodo de floración (sincronización) y con ello, disminuir el riesgo de la dispersión de la semilla al tener un periodo de maduración más corto⁽⁴⁾.

Varios estudios han demostrado que con cierto manejo agronómico, como es la manipulación de la densidad de macollas, fertilización nitrogenada, selección de la fecha óptima de cosecha o la combinación de estas prácticas, se puede incrementar el rendimiento de semilla en pastos tropicales⁽²⁾. Sin embargo, existen reportes que el rendimiento y la calidad de la semilla, se podría mejorar aún más con la aplicación de reguladores del crecimiento⁽⁵⁾, ya que según el tipo de regulador, concentración y momento de aplicación, se sincroniza la floración y se uniformiza la maduración de las semillas⁽⁶⁾.

Estudios recientes señalan la importancia de las hormonas esteroidales en el incremento de la

INTRODUCTION

Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) cv. Tanzania is a perennial plant of the grass family adapted to tropical areas, widely used due to its high forage yield and outstanding acceptance by cattle, having drought resistance and adaptation to medium fertility soils⁽¹⁾. In Mexico, both seed scarcity and low quality have limited its expansion and plot renewal. Besides, Guinea grass seed production is not easy, owing to its low number of inflorescences, low spikelet weight, bad flowering synchronization, and high mature-seed dehiscence, all this adding up to both low seed yield and quality⁽²⁾. These inconveniences could be partially solved by genetic improvement and good agronomic practices. However, selecting for seed yield increase could have an adverse effect on forage yield⁽³⁾. Therefore, for increasing seed yield and quality, other management strategies should be implemented which would result in both increased seed fertility and a shorter flowering period (synchronization), thus reducing mature seed shattering risk through a shorter ripening period⁽⁴⁾.

Several studies have shown that certain agronomic practices, such as manipulation of tiller density, nitrogen fertilization, selection of optimal harvest date or a combination of all these, can increase seed yield in tropical grasses⁽²⁾. However, it has been reported that seed yield and quality in tropical grasses could be improved still more through the use of growth regulators⁽⁵⁾, as flowering can be synchronized and seed maturity can be evened out in accordance with the type and concentration of regulators and time of application⁽⁶⁾.

Recent studies report the importance of steroidal hormones for increasing crop yield. For example, in rice, application of these hormones increased grain yield by 43 %⁽⁷⁾. In beans and maize, with three applications throughout the growing period, increases were 68 and 109 %, respectively^(8,9), while in wheat a 30 % increase in number of seed per panicle was obtained⁽¹⁰⁾. In a previous study, applying different doses at two times of application of steroidal phytohormone cidef-4 were tested on Guinea grass cv. Tanzania, it was found that 6 mg kg⁻¹ a.i. increased germinable pure seed by 52 %

producción de cultivos agrícolas. Por ejemplo, en arroz, la aplicación de este tipo de hormonas, durante el ahijamiento e inicio del espigamiento, incrementó el rendimiento de grano en 43 %⁽⁷⁾, en frijol y maíz, con tres aplicaciones durante el desarrollo vegetativo el incremento fue de 68 y 109 %, respectivamente^(8,9), mientras que su aplicación en trigo incrementó hasta en 30 % el número de semillas por panícula⁽¹⁰⁾. En un estudio previo, donde se evaluaron diferentes dosis y dos momentos de aplicación de la fitohormona esterooidal cidef-4 en pasto guinea cv. Tanzania, se encontró que la aplicación de 6 mg kg⁻¹ de ingrediente activo, incrementó el rendimiento de semilla pura germinable en 52 %, en comparación con el testigo, mientras que su aplicación al iniciar la antesis, mejoró el rendimiento en 17 %, en comparación con la aplicación antes del espigamiento⁽⁴⁾. Sin embargo, aún falta más información acerca del efecto de la hormona esterooidal cidef-4 en la producción de semilla de pastos tropicales. Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la etapa de aplicación de diferentes concentraciones de la fitohormona esterooidal cidef-4 en el rendimiento y la calidad de la semilla del pasto guinea cv. Tanzania.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el rancho Ex-Hacienda de Ixtapan, Tejupilco, Estado de México, ubicado a 18° 54' N y 100° 08' O, a 1,320 msnm, en condiciones de temporal, durante el año 2001. El clima del lugar es cálido subhúmedo, con lluvias en verano y una precipitación promedio anual de 1,140 mm, distribuida durante junio a octubre y temperatura media anual de 21 °C⁽¹¹⁾. La temperatura promedio y precipitación mensual ocurridas durante el año de estudio se presentan en la Figura 1. La temperatura media anual y precipitación total fueron 20.4 °C y 1,618 mm, respectivamente. El suelo es de textura arcillosa, con pH de 5.6, 3.5 % de MO, 18.9, 10.5 y 192 mg kg⁻¹ de N, P y K, respectivamente.

La pradera de pasto guinea en la que se realizó el estudio, se sembró en junio de 1998, en surcos espaciados a 80 y 70 cm entre matas, empleando

when compared to control, while when applied at beginning of anthesis, yield grew by 17 % vs applied at heading⁽⁴⁾. However, more data are needed on the effect steroidal phytohormone cidef-4 on tropical grass seed production. Due to this, the objective of the present study was to evaluate the effect of time of application of cidef-4 on Guinea grass cv. Tanzania seed yield and quality.

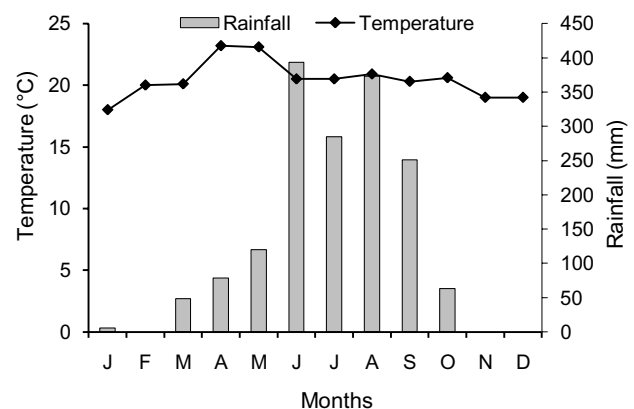
MATERIALS AND METHODS

The present study was carried out during 2001 under rainfed conditions at Ex-Hacienda Ixtapan, Tejupilco, State of México, located at 18° 54' N and 100° 08' W, 1,320 m asl. Type of weather for this locality can be classified as warm subhumid, with summer (June to October) rainfall averaging 1,140 mm annually, and 21 °C average annual temperature⁽¹¹⁾. Average temperature and monthly rainfall during this study are shown in Figure 1, and average annual temperature and total rainfall for the study period were 20.4 °C and 1,618 mm, respectively. Soils can be characterized as clays, 5.6 pH, 3.5 % organic matter with 18.9, 10.5 and 192 mg kg⁻¹ of N, P and K content, respectively.

The Guinea pasture used in the present study was planted in June 1998 in furrows spaced at 0.8 m

Figure 1. Average monthly temperature and rainfall during 2001 in Tejupilco, Estado de México

Figura 1 Temperatura promedio mensual y precipitación registradas durante el año 2001, en Tejupilco, Estado de México



semilla botánica y una densidad de siembra de 8 kg de semilla comercial por hectárea. La pradera fue pastoreada con ganado bovino el 31 de agosto de 2001 a una altura aproximada de 15 cm. Inmediatamente después del pastoreo (1 de septiembre) se fertilizó con 150, 50 y 50 kg ha⁻¹ de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente. Como fuente de nutrientes se utilizó urea (46 % N), superfosfato de calcio triple (46 % P₂O₅) y cloruro de potasio (60 % K₂O). Las malezas se controlaron desde el inicio del experimento hasta comenzar el espigamiento, mediante chapeos manuales con machete.

Se evaluaron cuatro concentraciones de la fitohormona esterooidal cidef-4 [0, 4, 8 y 12 mg L⁻¹ de ingrediente activo (i.a.)] en los tratamientos siguientes: T1) control; T2) 4 mg L⁻¹ de i.a. aplicados al inicio de antesis; T3) 4 mg L⁻¹ de i.a. aplicados antes del espigamiento e inicio de antesis; T4) 8 mg L⁻¹ de i.a. aplicados al inicio de antesis; T5) 8 mg L⁻¹ de i.a. aplicados antes del espigamiento e inicio de antesis y T6) 12 mg L⁻¹ de i.a. aplicados únicamente al inicio de antesis. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones. El tamaño de las parcelas experimentales fue de 4 surcos de 5 m de largo, es decir, 3.2 x 5 m, para un total de parcela de 16 m², con una parcela útil de 8 m², en los surcos centrales.

Como fuente de fitohormona esterooidal, se utilizó el producto comercial cidef-4, el cual contiene 80 % de compuesto esterooidal, con un 10 % de ingrediente activo. Las cantidades del producto comercial para las concentraciones de 4, 8 y 12 mg L⁻¹ de i.a. fueron 50, 100 y 150 mg, respectivamente, cantidades que se disolvieron en un litro de agua y se utilizó un volumen aproximado de 800 L/ha, y la aplicación de la solución se realizó mediante aspersión total sobre las plantas, durante la tarde, después de las 1700. Para lograr una mayor penetración de la fitohormona, se agregó por litro de solución, 1 ml del aditivo polieter-polimetilsiloxano, que es un coadyuvante no iónico. La aplicación, antes de iniciar el espigamiento, se realizó el 6 de octubre de 2001 (36 días después del pastoreo). El espigamiento ha sido definido

and at 0.7 m between plants, using botanical seed at an 8 kg ha⁻¹ seeding density of commercial seed. This pasture was grazed with bovines in August 2001 to an approximate 0.15 m height. Immediately after grazing (September 1), the plot was fertilized with 150, 50 and 50 kg ha⁻¹ of N, P and K, respectively. Urea was used as the nitrogen source (46% N), TSP (46% P₂O₅) as the phosphorous source and KCl (60% K) as the source of potassium. Weeds were controlled from the beginning of the experiment until heading, through manual cuts with machete.

Four steroidal phytohormone cidef-4 concentrations were tested (0, 4, 8 and 12 mg L⁻¹ a.i.) in the following treatments: T1) Control; T2) 4 mg L⁻¹ a.i. applied at beginning of anthesis; T3) 4 mg L⁻¹ a.i. applied before heading and at beginning of anthesis; T4) 8 mg L⁻¹ a.i. applied at beginning of anthesis; T5) 8 mg L⁻¹ a.i. applied before heading and at beginning of anthesis; and T6) 12 mg L⁻¹ a.i. applied only at beginning of anthesis. Treatments were distributed in a completely randomized block design with three replicates. Experimental plots were four furrows wide * 5 m long (3.2*5.0 m), for a total 16 m² area and an 8 m² useful area, using only the middle furrows.

The commercial product cidef-4 was used as the steroidal phytohormone source, containing 80 % steroidal complex with 10 % a.i.; therefore 50, 100 and 150 mg of commercial product were used for the 4, 8 and 12 mg L⁻¹ a.i. prescribed amounts, respectively. These amounts were dissolved each in one liter of water. Plots were sprayed in the afternoon after 1700, with an approximate volume of 800 L ha⁻¹ containing the phytohormone solution. A nonionic surfactant at 1 ml L⁻¹ (Polyether-polymethylsiloxane) was added to the phytohormone solution to increase its penetration. Before heading treatments were applied on October 6, 2001 (36 d post grazing). Heading has been defined as the moment at which 5-10 seed heads (inflorescences) m⁻² emerge⁽¹²⁾. Applications at beginning of anthesis was performed on October 13, 2001 (7 d post heading), when 10 % of panicles were in anthesis. Anthesis date was set as October 25, 2001, when 50 % of heads showed at least one spikelet

como el momento en el cual emergen de 5 a 10 inflorescencias m^{-2} (12). La aplicación de inicio de antesis se realizó el 13 de octubre de 2001 (7 días después de iniciado el espigamiento), cuando el 10 % de las panículas presentes, se encontraban en antesis. Se determinó que el momento de antesis ocurrió el 25 de octubre. Se consideró como momento de antesis, cuando 50 % de las panículas presentes contenían, al menos, una espiguilla en antesis, es decir, con las anteras visibles. Para determinar la fecha en que ocurrió el espigamiento y antesis, se seleccionaron tres macollas al azar dentro de cada parcela útil, las cuales se observaron cada tercer día. El número de panículas emergidas y en antesis, se estimó con base en la densidad de macollas ($1.79 \text{ macollas } m^{-2}$).

La cosecha de semilla se realizó en forma manual a los 20 días después de la antesis, fecha recomendada por Joaquín *et al*(13), utilizando la técnica tradicional para la cosecha de semilla de gramíneas tropicales(14), que consiste en cortar todas las inflorescencias presentes, y posteriormente someterlas a un proceso de sudado natural. Se cosecharon todas las panículas de las macollas en los dos surcos de la parcela útil. Para simular el proceso de sudado, las panículas cosechadas se colocaron en bolsas de manta, las cuales se agruparon sobre el mismo terreno y se cubrieron con material vegetal que quedó después de haber cortado las panículas. El periodo de sudado fue de cuatro días. Posteriormente se realizó la trilla, limpieza y secado de la semilla en forma natural. La semilla obtenida se pesó, se envasó en bolsas de papel y se almacenó en condiciones ambientales de laboratorio, durante seis meses. Posterior al periodo de almacenamiento, se efectuó una prueba de germinación estándar en el laboratorio de forrajes del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo.

Las variables evaluadas fueron: rendimiento de semilla total (RST), rendimiento de semilla pura (RSP), número de panículas m^{-2} , longitud de panícula, semillas producidas y cosechadas por panícula, peso de 1,000 semillas, porcentaje de semilla pura y germinación.

in anthesis, that is to say, with visible anthers. To determine the exact date for heading and anthesis, three tillers at random in each plot were selected, which were visually checked every other day. The number of emerged panicles and in anthesis was estimated through tiller density ($1.79 \text{ tillers } m^{-2}$).

Seed harvest was performed manually 20 d post anthesis, a date recommended by Joaquin *et al*(13), by means of the traditional technique for tropical seed harvest(14), that consists of cutting all inflorescences present and later left to dry naturally. All panicles present in useful plots were harvested. The natural drying process was simulated by placing panicles in cotton bags that were set in the same plots and covered with leftover plant material. Afterwards panicles were threshed, and seeds were cleaned and dried naturally. The amount of seed obtained was weighted and placed in paper bags and stored in laboratory conditions for six months. After storage, a standard germination test was performed in the Forage Laboratory of the Departamento de Zootecnia of the Universidad Autónoma de Chapingo.

The following variables were evaluated: Total seed yield (TSY), pure seed yield (PSY), number of panicles m^{-2} , panicle length, seed yield and seed harvested per panicle, 1000-seeds weight, germination percentage, and pure seed percentage.

The TSY was determined taking into account all seed collected in the useful plot, while PSY was estimated through the pure seed percentage. Panicle number was determined by counting all the panicles present in three tillers previously selected at random within each useful plot and estimated using tiller density ($1.79 \text{ tillers } m^{-2}$). Panicle length, seed produced, and harvested were determined by harvesting 10 panicles in each useful plot, chosen at random in the three tillers previously selected. Panicle length was measured from the insertion point of the first ramification to the top end of the panicle. Number of seeds produced in each panicle was estimated as the sum of harvested spikelets in each panicle and the number of abscission calluses left by fallen spikelets(15). The number of harvested seeds for every panicle was quantified as the number

El RST se estimó con base en la cantidad de semilla total cosechada en la parcela útil, mientras que el RSP, se calculó con base en el RST y el porcentaje de semilla pura. Para el número de panículas, se contaron todas las inflorescencias presentes en tres macollas previamente seleccionadas al azar dentro de cada parcela útil, y la estimación se realizó con base en la densidad de macollas ($1.79 \text{ macollas m}^{-2}$). Para determinar la longitud de panícula, semillas producidas y cosechadas por panícula, se cosecharon 10 panículas por parcela útil, tomadas al azar en las tres macollas previamente seleccionadas. La longitud de panícula se midió a partir del punto de inserción de la primera ramificación, hasta el extremo superior de la panícula. El número de semillas producidas por panícula se estimó como la suma de las espiguillas cosechadas por panícula más el número de callos por abscisión que dejaron las espiguillas desprendidas⁽¹⁵⁾. El número de semillas cosechadas por panícula se cuantificó como el número de espiguillas presentes por panícula al momento de ser cosechadas. En la cuantificación de semillas producidas y cosechadas por panícula se consideraron tanto espiguillas con cariósipide como vacías. El peso de 1,000 semillas se estimó como el promedio de ocho repeticiones de 100 semillas puras multiplicado por $10^{(16)}$. El porcentaje de semilla pura se calculó por el método internacional, utilizando una muestra de 2 g de semilla por parcela, separando ésta en sus componentes: semilla pura, semilla de otros cultivos, semilla de malezas y material inerte⁽¹⁶⁾. Debido a que la semilla de esta especie forrajera se reporta con problemas de dormancia, la semilla cosechada se mantuvo en almacenamiento en condiciones naturales por un periodo de seis meses, periodo durante el cual se considera se rompe la latencia y se obtiene la máxima germinación⁽¹⁷⁾. Por lo descrito, la prueba de germinación de la semilla se realizó a los seis meses de haber sido cosechada, utilizando tres repeticiones de 100 semillas por tratamiento. Las semillas se colocaron en cajas petri, provistas de papel absorbente y colocadas dentro de una cámara germinadora a $30 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ⁽¹⁶⁾.

Los datos obtenidos en todas las variables, se sometieron a un análisis de varianza para probar

of spikelets per panicle at harvest. When quantifying seeds produced and harvested for each panicle, both spikelets with and without caryopsis were taken into account. 1000-seed weight was estimated as the average of eight replicates of 100 pure seeds multiplied by $10^{(15)}$. Pure seed percentage was estimated through the international method, using a 2 g sample per plot, which was classified in its different components: pure seed, seeds from other plants, seeds of weeds and inert material⁽¹⁶⁾. As Guinea seed presents dormancy, harvested seed was kept for 6 mo in natural storage conditions, enough for breaking latency and for obtaining the best possible germination⁽¹⁷⁾. Because of this, the germination test was carried out 6 mo post harvest, using three replicates of 100 seeds each. Seeds were set in Petri dishes provided with absorbent paper and later placed in a germination chamber at $30 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ ⁽¹⁶⁾.

Data obtained in all variables were subjected to a variance test for determining differences between treatments, based on the completely randomized

Cuadro 1. Rendimiento de semilla total y semilla pura de pasto guinea cv. Tanzania, con diferentes concentraciones de cidef-4

Table 1. Total and pure seed yield in Guinea grass cv. Tanzania at different cidef-4 concentrations

Treatment	Total seed yield (kg ha ⁻¹)	Pure seed yield (kg ha ⁻¹)
T1	31.6 b	27.5 b
T2	37.6 ab	33.2 ab
T3	45.0 ab	39.7 ab
T4	61.8 ab	53.3 ab
T5	63.4 ab	54.8 ab
T6	71.6 a	61.8 a
SE	2.988	2.422

T1=Control; T2=4 mg L⁻¹ active ingredient (a.i.) applied at beginning of anthesis; T3=4 mg before heading and at beginning of anthesis; T4=8 mg at beginning of anthesis; T5=8 mg before heading and at beginning of anthesis; T6=12 mg at beginning of anthesis only.

SE=Standard error.

ab Different letters in each column indicate significant differences ($P<0.05$).

diferencias entre tratamientos, con base en el diseño experimental de bloques completos al azar. La comparación de medias de los tratamientos se efectuó mediante la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de 0.05. Además, se realizó un análisis de correlación para estimar el grado de asociación entre el rendimiento y sus componentes⁽¹⁸⁾.

RESULTADOS

Se detectaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos para RST, donde el mayor rendimiento (71.6 kg ha^{-1}) ocurrió con el tratamiento T6, valor que fue similar al obtenido con los tratamientos T2, T4 y T5, pero diferente y superior ($P < 0.05$) al tratamiento T1 (testigo), el cual presentó un rendimiento de 31.6 kg ha^{-1} . Un comportamiento similar al anterior se observó en el RSP, donde el valor mayor (61.8 kg) se presentó con el tratamiento T6 (Cuadro 1).

El Cuadro 2 muestra los resultados obtenidos en las variables componentes del rendimiento. Se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos para el número de panículas, donde la

block experimental design. Averages of treatments were compared using Tukey's test, at 0.05 significance. Besides, a correlation analysis was performed for estimating the degree of association between yield and its components⁽¹⁸⁾.

RESULTS

Significant differences ($P < 0.05$) were found between treatments for TSY. The greater yield was found in T6 (71.6 kg ha^{-1}), similar to yields in T2, T4 and T5, but significantly higher ($P < 0.05$) than T1 (Control), 31.6 kg . A similar trend was found for PSY, with the higher yield also found in T6 (61.8 kg) (Table 1).

Table 2 shows results obtained in yield components. Significant differences ($P < 0.05$) between treatments were found for panicle number, being the greater the one observed ($49.1 \text{ panicles m}^{-2}$) in T5, similar ($P > 0.05$) to those found in T4 and T6 (37.3 and 40.1 panicles, respectively), but significantly different and greater ($P < 0.05$) than control (T1), 29.1 panicles. No differences were found for panicle length between treatments ($P > 0.05$), but differences ($P < 0.05$) were found for number of seeds per

Cuadro 2. Componentes del rendimiento, calidad física y fisiológica de semillas del pasto guinea, con diferentes concentraciones de cidef-4

Table 2. Seed yield components, and physical and physiological seed quality of Guinea grass at different cidef-4 concentrations

Treatment	NP (m^{-2})	PL (cm)	SPP (n)	SHP (n)	TSW (g)	SP (%)	GR (%)
T1	29.1 b	27.8 a	969.4 b	501.5 b	1.228 b	87.1 a	69.9 a
T2	30.5 b	28.2 a	1072.7 ab	543.7 ab	1.272 ab	88.2 a	78.0 a
T3	31.5 b	28.2 a	1158.3 ab	600.1 ab	1.285 a	88.1 a	72.3 a
T4	37.3 ab	29.3 a	1339.6 ab	684.4 ab	1.289 a	86.6 a	68.4 a
T5	49.1 a	29.9 a	1432.6 a	896.1 a	1.297 a	87.4 a	83.4 a
T6	40.1 ab	30.1 a	1452.6 a	758.4 ab	1.291 a	85.9 a	79.7 a
SE	1.384	0.350	33.422	25.034	0.0039	0.727	2.057

T1=Control; T2=4 mg L^{-1} active ingredient (a.i.) applied at beginning of anthesis; T3=4 mg before heading and at beginning of anthesis; T4=8 mg at beginning of anthesis; T5=8 mg before heading and at beginning of anthesis; T6=12 mg at beginning of anthesis only.

NP=number of panicles; PL=panicle length; SPP= seeds produced in each panicle; SHP= seeds harvested per panicle; TSW=1000-seed weight; SP= seed purity; GR= germination rate.

SE=Standard error.

ab Different letters in each column indicate significant differences ($P < 0.05$).

mayor cantidad (49.1 panículas m⁻²) se obtuvo con el tratamiento T5, valor que fue similar ($P > 0.05$) a los obtenidos con los tratamientos T4 y T6 (37.3 y 40.1 panículas, respectivamente), pero diferente y superior ($P > 0.05$) al tratamiento testigo, el cual presentó un promedio de 29.1 panículas. No se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos para longitud de panículas. En cuanto al número de semillas producidas por panícula se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$), se observó un incremento en el número de semillas conforme se aumentó la concentración de cidef-4, independientemente de una y dos aplicaciones, donde el mayor valor (1,452.6 semillas por panícula) se obtuvo en T6, valor similar ($P > 0.05$) a los obtenidos en T2, T3, T4 y T5, pero diferente y superior ($P < 0.05$) al tratamiento testigo. Un comportamiento similar al anterior se observó en el número de semillas cosechadas por panícula, donde los valores más altos (896.1 y 758.4 semillas) se obtuvieron en T5 y T6, respectivamente. El peso de 1,000 semillas presentó diferencias significativas ($P < 0.05$), los tratamientos T2, T3, T4, T5 y T6 fueron similares entre sí ($P > 0.05$), pero diferentes y superiores ($P < 0.05$) al tratamiento testigo. La calidad de la semilla cosechada, medida por el porcentaje de semilla pura y germinación, fue similar ($P > 0.05$) entre los tratamientos evaluados.

DISCUSIÓN

Los rendimientos más altos de semilla total y semilla pura obtenidos con el tratamiento T6 presentaron incrementos del 126 y 124 %, respectivamente, con respecto al rendimiento obtenido con el tratamiento testigo. Sin embargo, estos rendimientos son inferiores a los encontrados por otros autores para esta misma especie y cultivar^(4,19), quienes reportaron rendimientos de semilla pura superiores a 150 kg ha⁻¹. Los bajos rendimientos de semilla obtenidos en el presente estudio se atribuyeron a la escasa precipitación registrada durante los meses de octubre y noviembre (63 y 0 mm, respectivamente), periodo en el cual ocurrió la floración y maduración de la semilla; no obstante, la respuesta de cidef-4 fue positiva, y el aumento se debió principalmente al incremento del número

panicle between treatments. Number of seeds increased with cidef-4 concentration, irrespective of number of applications (one or two). The higher value for this variable was obtained in T6 (1,452 seeds), a value similar ($P > 0.05$) to those found in T2, T3, T4 and T5, but higher and significantly different ($P < 0.05$) to the one obtained in T1. An analogous behavior was observed in seeds harvested per panicle, being the higher values those found in T5 and T6 (896 and 758 seeds, respectively). 1000-seeds weight showed significant differences ($P < 0.05$) between T2, T3, T4, T5, T6 and T1. No significant differences were found between treatments T2, T3, T4, T5 and T6. Harvested seed quality, graded as seed germination and purity, showed no differences between treatments.

DISCUSSION

The higher total seed and pure seed yields obtained in the present study in T6 were 126 and 124 % respectively greater than those obtained in T1. However, these yields are lower than those obtained by other authors in the same specie and cultivar^(4,19), reporting pure seed yields above 150 kg ha⁻¹. The low yields obtained in the present study could be attributed to very low rainfall in October and November (63 and 0 mm, respectively), when flowering and seed maturity took place. However, response to cidef-4 was positive, and seed yield increase was due mainly to increases in panicle number, number of produced and harvested seeds per panicle, and greater seed weight. In this sense, it has been mentioned that seed yield is related directly with these parameters^(20,21).

In the present study, it was found that number of panicles was the component that showed greater association to both TSY and PSY, 0.58 and 0.57, respectively, followed by number of seeds produced per panicle and 1,000 seed weight (Table 3). These results confirm those reported by other authors^(4,19), who mention that pure seed and germinable pure seed yields in Guinea grass cv. Tanzania increased when cidef-4 was applied, obtaining the higher yields at the higher concentration (6 mg kg⁻¹ a.i.), applied at beginning of anthesis. Besides, they point

de panículas, número de semillas producidas y cosechadas por panícula y al mayor peso de las semillas; en este sentido, se ha indicado que el rendimiento de semilla está directamente relacionado con estos parámetros^(20,21).

En el presente estudio se encontró que el número de panículas fue el componente que presentó el mayor grado de asociación con los RST y RSP, con valores de 0.58 y 0.57, respectivamente, seguido del número de semillas producidas por panícula y peso de 1,000 semillas (Cuadro 3). Estos resultados confirman los obtenidos por otros investigadores^(4,19), quienes encontraron que el rendimiento de semilla pura y semilla pura germinable de pasto guinea cv. tanzania, se mejoró con la aplicación de cidef-4, donde el rendimiento máximo se obtuvo con la concentración más alta utilizada (6 mg kg⁻¹ de i.a.), aplicada al iniciar la antesis. Asimismo, indicaron que la respuesta positiva de la aplicación de cidef-4, sobre el rendimiento de semilla pura germinable, se debió al aumento del número de panículas maduras.

El mayor número de panículas (49.1) obtenido con el tratamiento T5 fue 68 % mayor al número de panículas obtenido en el testigo. Resultados similares fueron reportados para otros cultivos: en arroz, la aplicación del compuesto esterooidal biofrás 16 durante el inicio de la emergencia de panículas y llenado del grano, ejerció un efecto positivo en el número de panículas⁽⁷⁾, mientras que en maíz, la aplicación de cidef-4 adelantó la floración masculina y femenina⁽⁹⁾. En el presente estudio el aumento del número de panículas posiblemente se debió a que con la aplicación de la fitohormona esterooidal, se aumentó la translocación de asimilados de las hojas a las partes reproductivas de la planta⁽²²⁾, con lo que se incrementa el número de inflorescencias y número de granos por panícula que contribuyen a incrementar el rendimiento de semilla⁽²³⁾.

Se observó que el tratamiento T5 incrementó el número de semillas producidas y cosechadas por panícula en 48 y 78 %, respectivamente, en comparación con el testigo. Resultados similares reportan otros autores^(10,23), quienes señalaron que

out that the positive response to cidef-4 in germinable pure seed yield was due to an increase in mature panicle number.

The greater number of panicles (49.1) obtained in T5 was 65 % higher than in control. Similar results are reported for other crops: in rice, application of the steroidal compound biofrás 16 at beginning of heading and grain filling, showed a positive effect on number of panicles⁽⁷⁾, while in maize, cidef-4 brought forward masculine and feminine flowering⁽⁹⁾. In the present study, the increase in panicle number could be due to an increase in translocation of assimilated compounds from leaves to reproductive organs in plants⁽²²⁾ in response to steroidal phytohormone application, therefore increasing the number of inflorescences and also seeds per panicle, thus contributing to increasing seed yield⁽²³⁾.

In T5 an increase in seeds produced and harvested per panicle (48 and 78 %, respectively) in comparison to T1, was observed. Similar results are reported by other authors^(10,23), who mention that application of these substances in wheat during flowering, increased panicle weight by 20 to 30 % and up to 30 % the number of seeds per panicle. Besides, in rice, application during tillering and beginning of heading, increased yield by 43 %⁽⁷⁾, while in beans⁽⁸⁾ and maize⁽⁹⁾, when applied three times during the vegetative cycle, grain yield increase was 68 and 109 %, respectively. However in a previous study on Guinea⁽⁴⁾, cidef-4 applied at 2,

Cuadro 3. Coeficientes de correlación (r) entre el rendimiento de semilla y los componentes de dicho rendimiento en pasto guinea cv. Tanzania

Table 3. Correlation coefficients (r) between seed yield and seed yield components in Guinea grass cv. Tanzania

Yield components	Total seed	Pure seed
Number of panicles	0.5898	0.5793
Panicle length	0.3525	0.3871
Seeds produced in each panicle	0.4893	0.5102
Seeds harvested per panicle	0.3101	0.3306
1000-seed weight	0.4655	0.5020

la aplicación de este tipo de compuestos, a plantas de trigo, durante la floración, incrementó de 20 a 30 % el peso de panícula y hasta en 30 % el número de semilla por panícula. Asimismo, en arroz, su aplicación durante el ahijamiento e inicio del espigamiento, incrementó el rendimiento en 43 %⁽⁷⁾, mientras que en frijol⁽⁸⁾ y maíz⁽⁹⁾, con tres aplicaciones durante el desarrollo vegetativo, el incremento en el rendimiento de grano fue de 68 y 109 %, respectivamente. Sin embargo, en un estudio previo, en pasto guinea⁽⁴⁾, se encontró que concentraciones de 2, 4 y 6 mg kg⁻¹ de i.a de cidef-4, aplicados antes del espigamiento o al iniciar la antesis, no aumentaron el número de semillas producidas y cosechadas por panícula. El incremento sustancial en el número de semillas producidas y cosechadas por panícula, posiblemente se debió a que la fitohormona, produjo una mayor sincronización en la maduración de las espiguillas, en comparación con el testigo.

Todos los tratamientos evaluados, independientemente de una y dos aplicaciones, incrementaron el peso de 1,000 semillas hasta en un 5.6 %, en comparación con el testigo. Estos resultados confirman lo mencionado por otros autores^(10,23), quienes reportaron que en trigo, la aplicación de compuestos esteroidales durante la floración o llenado del grano, incrementó significativamente el peso de 1,000 semillas, debido a que mejoran la fertilidad de las espiguillas, así como el tamaño de los granos, principalmente por la estimulación que producen en la translocación de los fotosintatos a los granos⁽²⁴⁾. En arroz, otros autores⁽⁷⁾ encontraron que todos los tratamientos en que se aplicó la hormona esteroideal biofrás 16, se promovió un mayor peso de las semillas, en comparación con el testigo. Sin embargo, en un estudio previo, en pasto guinea cv. tanzania⁽¹⁹⁾, se encontró que la aplicación de cidef-4 no tuvo efecto significativo en el peso de 1,000 semillas, lo que implica que el efecto positivo de las hormonas esteroidales, en aumentar el rendimiento de semilla, está en función del tipo de hormona, concentración y momento de aplicación en cada cultivo^(6,9), así como de las condiciones edafo-climáticas en que ellos se desarrollan⁽²⁵⁾. Otros estudios^(22,23) indican que los compuestos esteroidales, aumentan, en la planta, la absorción

4 and 6 mg kg⁻¹ a.i. rates, before heading or at beginning of anthesis, did not have any effect on seed produced and harvested per panicle. The substantial increase in seed produced and harvested per panicle found in the present study, when compared to control, could possibly be due because this phytohormone produced a greater synchronization in spikelet maturity.

All the evaluated treatments, irrespective of being applied once or twice, increased 1000-seed weight up to 5.6 %, when compared to control. These results confirm what is mentioned by other authors^(10,23), who report than in wheat, when steroidal phytohormones were applied either at flowering or at grain filling, 1000-seed weight increased significantly, in response to an increase in spikelet fertility, as well as in grain size, mainly due to stimuli produced by photosynthate translocation to grains⁽²⁴⁾. In rice, other authors⁽⁷⁾ found that in every treatment where biofrás 16 steroidal phytohormone was applied, showed increases in seed weight, when compared to control. However, in a previous study on Guinea grass cv. Tanzania⁽¹⁹⁾, it was found that application of cidef-4 did not have any significant effect on 1000-seed weight. This could signify that the positive effect of steroidal phytohormones on seed yield, is in function of hormone type, rate and time of application in each crop^(6,9) and of the edafo-climatic conditions⁽²⁵⁾ in which they grow. Other studies^(22,23) indicate that steroidal compounds increase water and mineral absorption in plants as well as in leaf area, photosynthesis rate and nitrate assimilation, which increases the number of inflorescences, number of seeds per inflorescence and seed weight, thus increasing seed yield. Other authors⁽¹⁰⁾ mention that application of compounds of this type, decrease carbohydrate content in the top leaf, which suggests that these compounds facilitate translocation and transport of assimilates from leaves to reproductive organs in plants. Besides, another study⁽⁸⁾ showed that steroidal hormones increase plant root and aerial biomass, thus increasing crop yield.

In general, the positive response to cidef-4 application in seed yield, when compared to non

de agua y minerales, así como el área foliar, tasa de fotosíntesis y asimilación de nitratos, con lo que se incrementa el número de inflorescencias, número de semillas por inflorescencia y peso de las semillas, que contribuyen a aumentar el rendimiento de semilla. Otros autores⁽¹⁰⁾ indicaron que la aplicación de este tipo de compuestos disminuye el contenido de carbohidratos de la hoja bandera, lo que sugiere que este compuesto facilita la translocación y transporte de asimilados de las hojas a las partes reproductivas de la planta. Asimismo, otro estudio⁽⁸⁾ mostró que las hormonas esteroideas, incrementan la biomasa radical y aérea de las plantas, con lo que se incrementa el rendimiento de los cultivos.

En general la respuesta positiva de la aplicación de cidef-4, en el rendimiento de semilla, en comparación con la no aplicación, se debe al aumento del número de panículas por macolla, número de semillas por panícula y peso de la semilla, ya que estos tres componentes fueron los que presentaron el mayor grado de asociación con el RST y RSP. Esta misma respuesta fue reportada por otros investigadores⁽⁴⁾, quienes encontraron que el número de panículas seguido del número de semillas por panícula, fueron los componentes que presentaron el mayor grado de asociación con el rendimiento de semilla pura germinable en pasto guinea cv. Tanzania, con lo que se confirma lo señalado por otros autores^(13,20,21), quienes indicaron que el número de panículas por macolla es el componente que más contribuye en aumentar el rendimiento de semilla total en *P. maximum*. Por tanto, el presente estudio confirma la efectividad del cidef-4 en aumentar el rendimiento de semilla en pasto guinea.

Aunque la aplicación de cidef-4 no influyó en la calidad de la semilla en términos de porcentaje de semilla pura y germinación, se observó que los valores promedio obtenidos para estas variables fueron 87 y 75 %, respectivamente, los cuales pueden ser considerados como porcentajes altos para esta especie. El mismo efecto fue observado en un trabajo previo por otros investigadores⁽⁴⁾, quienes encontraron que la aplicación de cidef-4 no tuvo efecto en la pureza física ni en la germinación

application, is due to increases in panicle number per tiller, in number of seeds per panicle and in seed weight, as these three components showed the greater association rate with TSY and PSY. This same response is reported by other authors⁽⁴⁾ who found that the number of panicles followed by number of seeds per panicle were the components that showed the greater degree of association to germinable PSY in Guinea grass cv. Tanzania. These data are on line with what is mentioned by other authors^(13,20,21), who indicate that number of panicles per tiller is the component that contributes more to increase in TSY in *P. maximum*. Therefore, the present study confirms the effectiveness of cidef-4 for increasing seed yield in Guinea grass.

Although application of cidef-4 did not influence seed quality in terms of seed purity and germination, it was seen that average values for these variables were 87 and 75 %, respectively, which can be considered high for this specie. The same effect was observed in a previous study carried out by other authors⁽⁴⁾ who found that application of cidef-4 did not have any effect whatsoever on seed purity and germination in Guinea grass, obtaining average values of 87 and 79 %, respectively. It has been pointed out that application of growth regulators in plants can have diverse effects, depending on the product, rate applied, and plant species. The fact that all cidef-4 rates applied in the present study showed positive effects, irrespective of rate and time of application, suggests that the mechanism through which the seed yield increases, could be due to an inhibition of apical growth and to a stimulation of stem elongation, which increases the number of panicles and their maturity that in turn contributes to increase seed yield but not of seed quality.

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

It can be concluded that both total seed and pure seed yield increase significantly in response to application of cidef-4 steroidal phytohormone in Guinea grass, irrespective of rate and time of application. However, the greater seed yields were obtained when 8 to 12 mg were applied. The positive effect of this compound in seed yield increase is

de las semillas de pasto guinea, con valores promedio de 87 y 79 %, respectivamente. Se ha indicado que la aplicación de reguladores del crecimiento a plantas puede producir efectos variables, dependiendo del producto usado, concentración aplicada y especie de planta. El hecho de que todas las concentraciones utilizadas de cidef-4 fueron efectivas, independientemente de la concentración y momento de aplicación, sugiere que el mecanismo por el cual se incrementa la cantidad de las semillas, se podría deber a la inhibición del crecimiento apical y estimulación de la elongación del culmo (tallo), con lo cual se incrementa el número de panículas y la maduración de las mismas, que contribuye a mejorar el rendimiento pero no la calidad de la semilla.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Se concluye que el rendimiento de semilla total y semilla pura de pasto guinea, se mejoró significativamente con la aplicación de la fitohormona esterooidal cidef-4, independientemente de la concentración y momento de aplicación. Sin embargo, los mayores rendimientos de semilla se obtuvieron aplicando de 8 a 12 mg de ingrediente activo por litro de solución de este producto. El efecto positivo de este compuesto en el incremento del rendimiento de semilla, se debe al aumento del número de panículas, número de semillas producidas por panícula y peso de las semillas. La calidad de las semillas, en términos de porcentaje de semilla pura y germinación, no fue mejorada por ninguno de los tratamientos evaluados, por tanto, la aplicación de la fitohormona esterooidal cidef-4, puede ser utilizada como una práctica agronómica para mejorar el rendimiento de semilla del pasto guinea cv. Tanzania.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX), por el apoyo brindado durante la fase experimental.

due to increases in number of panicles, number of seeds produced in each panicle and in seed weight. Seed quality, in terms of seed purity and germination, did not show improvements in any evaluated treatment, so, application of cidef-4 steroidal phytohormone can be used as an agronomical practice for improving seed yield in Guinea grass cv. Tanzania.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to thank most especially Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Agrícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX) for support during the experimental phase.

End of english version

LITERATURA CITADA

1. ICAMEX. Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México. Evaluación agronómica de gramíneas forrajeras tropicales. Informe Técnico. 1997.
2. Boonman JG. Producción de semillas de pastos tropicales en África, con referencia especial en Kenya. En: Tergas LE, Sánchez PA editores. Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical; 1978:413-424.
3. Hebblethwaite PD, Hampton JG, McLaren JS. The chemical control of growth, development and yield of *Lolium perenne* grown for seed. In: McLaren JS editor. Chemical manipulation of crop growth and development. London, United Kingdom: Butterworths; 1982:505-523.
4. Joaquín TBM, Moreno CMA, Martínez HPA, Hernández GA, Gómez VA, Pérez AJA. Efecto de la fitohormona esterooidal cidef-4 en el rendimiento y calidad de semilla de pasto guinea. *Téc Pecu Méx* 2006;44(2):193-201.
5. Nickell LG. Controlling biological behavior of plants with synthetic plant growth regulating chemicals. In: Mandava NB editor. Plant growth substances. Washington, DC, USA: American Chemical Society; 1979:263-279.
6. Pérez A, Reyes MI. Efecto del fitorregulador ethephon en la producción de semilla de pasto guinea cv Likoni. *Pastos y Forrajes* 1990;13(3):243-249.
7. Morejón R, Díaz SH, Núñez M. Efecto del análogo de brasinoesteroides biofrás 6 en el rendimiento y otros caracteres en el rendimiento del arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales* 2004;25(1):55-59.

SEMILLA DE PASTO GUINEA USANDO LA FITOHORMONA ESTEROIDAL CIDEF-4

8. Vargas VMLP, Irizar GMBG. Efecto del brasinoesteroide y densidad de población en la acumulación de biomasa y rendimiento de ayocote (*Phaseolus coccineus* L.). Revista Chapingo. Serie Horticultura 2005;11(2):269-272.
9. Torres RBL, Espinosa CA, Mendoza RM, Rodríguez OJL, Irizar GMB, Sahagún CRJ. Efecto de brasinoesteroides en híbridos de maíz androesteriles y fértiles. Agronomía Mesoamericana 2007;18(2):155-162.
10. Núñez VM, Robaina C. Brasinoesteroides, nuevos reguladores del crecimiento vegetal. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Universidad de la Habana, Cuba; 1998.
11. Síntesis Geográfica del Estado de México. Secretaría de Programación y Presupuesto. Coordinación General de Servicios Nacionales de Estadística e Informática, México, DF. 1981.
12. Boonman JG. Experimental studies on seed production of tropical grasses in Kenya. I. General introduction and analysis of problems. Neth J Agric Sci 1971;19(1):23-36.
13. Joaquín TBM, Hernández GA, Pérez PJ, Herrera HJG, García SG, Trejo LC. Efecto de nitrógeno y fecha de cosecha sobre el rendimiento y calidad de semilla del pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.). Téc Pecu Méx 2001;39(3):245-254.
14. Ferguson JE. Sistemas de producción de semillas para especies de pastos en América Latina Tropical. En: Tergas LE, Sánchez PA editores. Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1978:413-424.
15. Chadhokar PA, Humphreys LR. Influence of time and level of urea application on seed production of *Paspalum plicatulum* at Mt Cotton, South-eastern Queensland. Aust J Exp Agric Anim Husb 1973;13(62):275-283.
16. ISTA. International Seed Testing Association. International rules of seed testing. Zurich, Switzerland: Seed Sci Technol. 1993(Suppl 21).
17. González Y, Mendoza F. Comportamiento de la germinación y la viabilidad en semillas de *Panicum maximum* CIH-3 durante el almacenamiento. Pastos y Forrajes 1994;17(2):131-135.
18. SAS. SAS User's Guide (version 6.12). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. 1998.
19. Joaquín TBM, Trejo C, Hernández-Garay A, Pérez PJ, García SdeG, Quero CAR. Effects of ethephon, salicylic acid and cidef-4 on the yield and quality of guinea grass seed. Trop Grassl 2007;41(1):55-60.
20. Favoretto V, Toledo FF. Determinação da época mais adequada para a colheita de sementes de capim-coloniao (*Panicum maximum* Jacq.). Rev Soc Bras Zoot 1975;4(1):49-69.
21. Mejía PV, Romero MC, Lotero CJ. Efecto de la fertilización y época de corte de las panículas sobre la producción de semilla de pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.). Colombia. Rev Inst Colombiano Agropec 1978;13(3):503-510.
22. Fujii S, Hirai K, Saka H. Growth regulating action of brassinolide in rice plants. In: Cutler HG, Yokota T, Adams G editors. Brassinosteroids. Chemistry, bioactivity and application. Washington, DC, USA: American Chemical Society; 1991:306-311.
23. Sairam RK. Effects of homobrassinolide application on plant metabolism and grain yield under irrigated and moisture-stress conditions of two wheat varieties. Plant Growth Regul 1994;14(2):173-181.
24. Ramraj VM, Vyas BN, Godrej NB, Mistry KB, Swami BN, Singh N. Effects of homobrassinolide on yields of wheat, rice, groundnut, mustard, potato and cotton. J Agric Sci 1997;128(3):405-413.
25. Núñez M. Reseña bibliográfica. Aplicaciones prácticas de los brasinoesteroides y sus análogos en la agricultura. Cultivos Tropicales 1999;20(3):63-72.